

BUNDE REPUBLIK DEUTSCHLAND

Rec'd PCT/PTO 10 SEP 2004

10/506611

#2

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 01 MAY 2003	
WIPO	PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 11 266.5

Anmeldetag: 13. März 2002

Anmelder/Inhaber: Dr.-Ing. Jürgen Schulz-Harder,
Lauf an der Pegnitz/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Herstellen eines Metall-Keramik-
Substrats, vorzugsweise eines Kupfer-Keramik-
Substrats

IPC: H 05 K, B 32 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hieblinger

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

PATENTANWÄLTE

Dipl.-Ing. A. Wasmeier

Dipl.-Ing. H. Graf

Zugelassen beim Europäischen Patentamt + Markenamt • Professional Representatives before the European Patent Office + Trade Mark Office

Patentanwälte Postfach 10 08 26 93008 Regensburg

Deutsches Patent-
und Markenamt
Zweibrückenstr. 12

80297 München

**D-93008 REGENSBURG
POSTFACH 10 08 26**

**D-93055 REGENSBURG
GREFLINGERSTRASSE 7**

Telefon (0941) 79 20 85

(0941) 79 20 86

Telefax (0941) 79 51 06

E-mail:
wasmeier-graf@t-online.de

Ihr Zeichen
Your Ref.

Ihre Nachricht
Your Letter

Unser Zeichen
Our Ref.

Sch/p 20.602

Datum
Date

12. März 2002

gr-schÜ

Anmelder:

Dr.-Ing. Jürgen Schulz-Harder

Hugo-Dietz-Straße 32

D-91207 Lauf

Titel:

**Verfahren zum Herstellen eines Metall-Keramik-Substrats,
vorzugsweise eines Kupfer-Keramik- Substrats**

Verfahren zum Herstellen eines Metall-Keramik-Substrats, vorzugsweise eines Kupfer-Keramik-Substrats

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren gemäß Oberbegriff Patentanspruch 1.

Die Herstellung von Metall-Keramik-Substraten und dabei insbesondere von Kupfer-Keramik-Substraten für elektrische Schaltungen und Schaltkreise ist in unterschiedlichsten Varianten bekannt. Bekannt ist hierbei speziell auch, die zum Herstellen von Leiterbahnen, Anschlüssen usw. benötigte Metallisierung auf einer Keramik, z.B. auf einer Aluminium-Oxid-Keramik mit Hilfe des sogenannten „DCB-Verfahrens“ (Direct-Copper-Bond-Technology) herzustellen, und zwar unter Verwendung von die Metallisierung bildenden Metall- bzw. Kupferfolien oder Metall- bzw. Kupferblechen, die an ihren Oberflächenseiten eine Schicht oder einen Überzug (Aufschmelzschicht) aus einer chemischen Verbindung aus dem Metall und einem reaktiven Gas, bevorzugt Sauerstoff aufweisen. Bei diesem beispielsweise in der US-PS 37 44 120 oder in der DE-PS 23 19 854 beschriebenen Verfahren bildet diese Schicht oder dieser Überzug (Aufschmelzschicht) ein Eutektikum mit einer Schmelztemperatur unter der Schmelztemperatur des Metalls (z.B. Kupfers), so daß durch Auflegen der Folie auf die Keramik und durch Erhitzen sämtlicher Schichten diese miteinander verbunden werden können, und zwar durch Aufschmelzen des Metalls bzw. Kupfers im wesentlichen nur im Bereich der Aufschmelzschicht bzw. Oxidschicht. Dieses DCB-Verfahren weist dann z.B. folgende Verfahrensschritte auf:

- Oxidieren einer Kupferfolie derart, daß sich eine gleichmäßige Kupferoxidschicht ergibt;
- Auflegen des Kupferfolie auf die Keramikschicht;
- Erhitzen des Verbundes auf eine Prozeßtemperatur zwischen etwa 1025 bis 1083°C, z.B. auf ca. 1071°C;
- Abkühlen auf Raumtemperatur.

Nach dem Aufbringen der Metall-Folien erfolgt zumindest an einer Oberflächenseite der Keramikschicht das Strukturieren der dortigen Metallfolie, z.B. Kupferfolie (auch DCB-Kupfer) zur Bildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen usw..

Die Herstellung der Metall-Keramik-Substrate erfolgt vorzugsweise im Mehrfachnutzen derart, daß auf einem großflächigen Keramiksubstrat mehrere Einzelsubstrate voneinander beabstandet gebildet werden, die dann jeweils die Leiterbahnen, Kontaktflächen usw. aufweisen. An Sollbruchlinien, die vorzugsweise mittels eines Lasers in das Keramiksubstrat eingebracht werden, kann dieser Mehrfachnutzen dann später z.B. nach dem Bestücken durch Brechen in die Einzelsubstrate zertrennt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren aufzuzeigen, mit dem die Herstellung von Metall-Keramik-Substraten mit verbesserten Eigenschaften auf einfache Weise möglich ist. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Verfahren entsprechend dem Patentanspruch 1 ausgebildet.

Bei der Erfindung erfolgt das Aufbringen des wenigstens einen Auftrags aus Lötstopplack (Lötstopplack-Auftrag) unmittelbar nach dem Strukturieren der betreffenden Metallisierung, gegebenenfalls nach einem Zwischenreinigen. Hierdurch ist ein eventuelles, das Anhaften des Lötstopplacks beeinträchtigendes Verschmutzen der Metalloberflächen vor dem Aufbringen des wenigstens einen Lötstopplack-Auftrags vermieden. Es hat sich hierbei auch in überraschender Weise auch gezeigt, daß gerade bei Metalloberflächen, die von DCB-Kupfer gebildet sind, eine besonders zuverlässige Haftung des Lötstopplacks erzielt und eine Unterwanderung des Lötstopplacks beim Löten wirksam verhindert ist, obwohl die mittels des DCB-Verfahrens aufgebraute Kupfer-Metallisierung einen erhöhten Anteil an Sauerstoff enthält.

Erfolgt eine Herstellung der Metall-Keramik-Substrate im Mehrfachnutzen, wie dies bevorzugt der Fall ist, so wird der Lötstopplack aufgebracht, bevor die Sollbruchlinien in das Keramik-Substrat eingebracht werden, also bevor eine das Anhaften des

Lötstopplacks beeinträchtigende Oxidation und/oder Verschmutzung der Metallflächen, beispielsweise durch Laser-Plasma beim Einbringen der Sollbruchlinien eintreten könnte.

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an verschiedenen Ausführungsformen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in vereinfachter Darstellung und im Schnitt ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Kupfer-Keramik-Substrat;

Fig. 2 in Positionen a - d die verschiedenen Verfahrensschritte bei einer möglichen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen des Substrats der Fig. 1;

Fig. 3 in vergrößerter Darstellung einen Teilschnitt durch ein nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Substrat im Bereich eines Lötstopp-Lackauftrags nach einem Abtragen des Metalls der angrenzenden Metalloberfläche;

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich Figur 3, jedoch bei einer nachträglichen Metallisierung;

Fig. 5 eine Darstellung ähnlich Figur 3, jedoch bei strukturiertem Lötstopp-Lackauftrag;

Fig. 6 eine Draufsicht auf den strukturierten Lötstopp-Lackauftrag.

In den Figuren 1 und 2 ist 1 ein Keramik-Kupfer-Substrat bestehend aus der Keramikschicht 2 und den an den beiden Oberflächenseiten der Keramikschicht 2 vorgesehenen Metallisierungen 3 und 4, die zur Bildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen usw. in der erforderlichen Weise strukturiert sind und aus Kupfer bestehen. In bestimmten Bereichen der Metallisierungen 3 und 4 sind Lötstopplack-Aufträge 5 aufgebracht, die z.B. streifenförmig ausgebildet sind, aber auch einen anderen Verlauf aufweisen können und die beim Bestücken des Substrats 1 mit Bauelementen denjenigen Bereich der Metallisierung 3 bzw. 4 begrenzen, der von dem verwendeten Lot benetzt werden soll. Mit den Aufträgen 5, die sich

beispielsweise entlang der Ränder der durch die Strukturierung erzeugten Kontaktflächen und Leiterbahnen erstrecken, wird beispielsweise verhindert, daß das beim Bestücken des Substrates 1 verwendete Lot in die zwischen den Leiterbahnen, Kontakte usw. gebildeten und diese elektrisch trennenden Zwischenräume 6 fließt und zu Kurzschlüssen zwischen den Leiterbahnen führt.

Hergestellt wird das Substrat 1 mit den in der Figur 2 dargestellten Verfahrensschritten, d. h.: zunächst werden auf die Keramikschicht 2 Kupferfolien 3' bzw. 4' mit Hilfe der DCB-Technik aufgebracht, so daß diese Kupferfolien 3' und 4' auf ihrer gesamten Fläche mit jeweils einer Oberflächenseite der Keramikschicht 2 verbunden sind.

Im Anschluß daran erfolgt entsprechend den Schritten b) und c) der Figur 2 das Strukturieren der Kupferfolien 3' und 4' zur Bildung der strukturierten Metallisierungen 3 und 4, und zwar mit der üblichen Ätz- und Maskierungstechnik durch Aufbringen einer Maskierung 7 aus einem Fotolack oder Ätzresist und anschließendes Wegätzen der durch die Maske 7 nicht abgedeckten Bereiche der Kupferfolien 3' und 4' (Position b), so daß schließlich nach dem Entfernen der Maskierung 7 das in der Position c dargestellte Zwischenprodukt erhalten ist, und zwar bestehend aus der Keramikschicht 2 und den strukturierten Metallisierungen 3 und 4. In einem anschließenden Verfahrensschritt werden die Lötstopplack-Aufträge 5 hergestellt, und zwar beispielsweise durch ein Siebdruckverfahren, so daß schließlich das in der Position d nochmals dargestellte Substrat 1 erhalten ist.

Die Lötstopplack-Aufträge 5 erfolgen mit einer solchen Dicke, daß diese Aufträge 5 nach dem Aushärten des Lötstopplacks eine Dicke von 0,5 bis 100 µm aufweisen. Als Lötstopplack wird beispielsweise ein Lack auf Epoxid-Basis verwendet. Die Aushärtung des Lötstopplacks erfolgt durch Erhitzen.

Es hat sich gezeigt, daß bei einem Aufbringen des Lötstopplacks unmittelbar nach dem DCB-Prozeß oder unmittelbar nach Abschluß der Strukturierung der Kupferfolien 3' bzw. 4' durch die Ätz- und Maskierungstechnik ein optimales Anhaften des

Lötstopplacks an den Kupferfolien erreicht ist und insbesondere auch ein Unterwandern des Lötstopplack-Auftrags durch das Lot beim späteren Bestücken des Substrats 1 wirksam verhindert ist, ohne daß grundsätzlich die Notwendigkeit einer Reinigung der Metalloberflächen vor dem Aufbringen des Lötstopplacks besteht.

Bei dem beschriebenen Verfahren besteht aber auch die Möglichkeit, die Oberflächen der Metallisierungen 3 und 4 nach dem Strukturieren zusätzlich zu reinigen. Für diese zusätzliche Reinigung oder Zwischenreinigung sind unterschiedlichste Reinigungsverfahren denkbar, beispielsweise auch durch Abtragen eines Oberflächenbereichs der Metallisierungen 3 und 4. Speziell hierfür kann ein chemisches Verfahren verwendet werden, und zwar durch Anwenden einer sauren Wasserstoffperoxid-Lösung oder einer sauren Natriumpersulfat-Lösung. Weiterhin ist auch eine Zwischenreinigung der Oberflächen der Metallisierungen 3 und 4 durch Plasma-Ätzen und/oder elektrochemisches oder elektrolytisches Ätzen (galvanisches Abtragen von Kupfer) möglich. Ferner können auch rein mechanische Reinigungsverfahren, beispielsweise durch Bürsten, Schleifen oder dergleichen Anwendung finden.

Die Figur 3 zeigt in vergrößerter Darstellung einen Teilschnitt durch ein Kupfer-Keramik-Substrat 1a, bei dem die Metallisierungen 3 bzw. 4 zumindest in Oberflächenbereichen, die an den Lötstopplack-Auftrag 5 angrenzen, durch ein chemisches Ätzverfahren bis zu einer Oberfläche 8 abgetragen sind. Der Lötstopplack-Auftrag 5 dient hierbei als Maskierung beim Ätzen. Als Ätzmittel eignen sich grundsätzlich alle Kupfer auflösenden Mittel, wie z. B. saures Wasserstoffperoxid, saures Natriumpersulfat, Kupferchlorid, Eisenchlorid usw. Der Abtrag erfolgt beispielsweise mit einer Stärke von 0,1 bis 20 μ , so daß sich der Lötstopplack-Auftrag 5 dann auf einem über die durch Abtragen erzeugte Oberfläche 8 vorstehenden Vorsprung 9 befindet. Durch diese Ausbildung kann die Wirkung des Lötstopplack-Auftrages 5 wesentlich verbessert werden.

Weiterhin besteht entsprechend der Figur 5 die Möglichkeit, auf die abgetragenen Oberflächenbereiche 8 eine zusätzliche Oberflächen-Metallisierung 10 aufzubringen, die dann mit ihrer Oberflächenseite tiefer oder in einer Ebene mit der nicht abgetragenen, ursprünglichen Oberfläche der Metallisierung 3 bzw. 4 unter dem Lötstopplack-Auftrag 5 liegt. Die Metallisierung 10 bildet beispielsweise eine korrosionsbeständige Metalloberfläche oder generell eine Oberfläche, die eine weitere Verarbeitung dieses Substrats 1b wesentlich verbessert. Als Metall für die zusätzliche Metallisierung 10 eignet sich z. B. Nickel oder Phosphornickel. Das Aufbringen der zusätzlichen Metallisierung 10 erfolgt beispielsweise stromlos durch chemisches Abscheiden.

Grundsätzlich besteht auch die Möglichkeit, die Metallisierung 10 mehrschichtig auszubilden, beispielsweise bestehend aus einer unteren, an die Oberfläche 8 unmittelbar angrenzenden ersten Schicht, z. B. aus Nickel und einer äußeren Schicht aus Gold oder Zinn.

Die Figuren 6 und 7 zeigen als weitere mögliche Ausführungsform ein Substrat 1c, bei dem zumindest ein Lötstopplack-Auftrag 5 in einem Teilbereich 5' mit einer geeigneten Technik derart bearbeitet ist, daß sich an der Oberseite des Substrats in diesem Bereich 5' eine optisch sichtbare Struktur in Form eines Barcodes oder eines Datamatrix-Codes ergibt. Dieser beispielsweise mit einem Kamerasystem lesbare Code enthält dann verschiedene Daten, die das jeweilige Substrat betreffen, die z. B. Artikelnummer, aber auch andere, z.B. für die Überwachung und/oder Steuerung der Produktion notwendige Daten, wie z. B. Herstellungszeitpunkt, Chargennummer usw.

Das Strukturieren des Bereichs 5' erfolgt beispielsweise mittels eines Lasers durch Einbrennen der Struktur oder des Codes in den Lötstopplack-Auftrag 5 oder durch teilweises Wegbrennen des Auftrags 5 für die Struktur.

Bevorzugt werden auch die Substrate 1 - 1c im Mehrfachnutzen hergestellt, d. h. ein entsprechend großes Keramiksubstrat wird zunächst an beiden Oberflächenseiten in

der vorbeschriebenen Weise mit den Kupferfolien 3' und 4' versehen und diese werden dann so strukturiert, daß die strukturierten Metallisierungen 3 und 4 nicht nur Leiterbahnen, Kontaktflächen usw. eines Einzel-Kupfer-Keramik-Substrates bilden, sondern eine Vielzahl solcher Einzelsubstrate auf einer gemeinsamen Keramikplatte. Nach dem Strukturieren und vorzugsweise auch nach dem Aufbringen der Lötstopplack-Aufträge 5 erfolgt dann das sogenannte „Laser-Ritzen“ des Keramiksubstrats zum Einbringen von Sollbruchlinien, an denen das Mehrfachsubstrat beispielsweise nach dem Bestücken mit Bauelementen in die Einzelsubstrate zerbrochen werden kann. Das Ritzen erfolgt beispielsweise mit einem Laser (z. B. CO₂- oder YAG-Laser). Zum Strukturieren des Bereichs 5' bzw. zum Einbringen des Codes kann dann der zum Ritzen verwendete Laser verwendet werden.

Die Erfindung wurde voranstehend an verschiedenen Ausführungen beschrieben. Es versteht sich, daß zahlreiche weitere Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne daß dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird.

Bezugszeichenliste

1, 1a, 1b, 1c	Kupfer-Keramik-Substrat
2	Keramikschicht
3, 4	strukturierte Metallisierung
3', 4'	Kupfer-Folie
5	Lötstopplack-Auftrag
5'	strukturierter Bereich
6	Zwischenraum
7	Maskierung
8	durch Abtragen erzeugte Metall- oder Kupferoberfläche
9	Vorsprung
10	zusätzliche Oberflächen-Metallisierung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Metall-Keramik-Substrates, insbesondere Kupfer-Keramik-Substrats, bei dem (Verfahren) auf die Oberflächenseiten eines Keramik-Substrates (2) mit Hilfe des Direct-Bonding-Verfahrens jeweils wenigstens eine Metall-Folie (3', 4') aufgebracht wird und die Metall-Folie (3, 4) dann an wenigstens einer Oberflächenseite zur Bildung von Leiterbahnen, Kontaktflächen und dergleichen strukturiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Direct-Bonding auf die Metallfläche wenigstens einer der strukturierten Metallisierung (3, 4, 3', 4') wenigstens ein Auftrag (5) aus einem Lötstopplack aufgebracht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Direct-Bonding auf die Metallfläche wenigstens einer der strukturierten Metallisierung (3, 4) wenigstens ein Auftrag (5) aus einem Lötstopplack aufgebracht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Metall-Folien Kupfer-Folien sind und diese mittels des DCB-Verfahrens auf dem Keramik-Substrat (2) vorgesehen werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strukturierung der wenigstens einen Metall-Folie (3', 4') mittels eines Maskierungs-Ätz-Verfahrens erfolgt, und daß das Aufbringen des wenigstens einen Auftrags (5) aus Lötstopplack unmittelbar nach diesem Strukturieren erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach dem Aufbringen des Lötstopplack-Auftrags (5) ein Abtragen des Metalls der Metallisierung zumindest in an diesen Lötstopplack-Auftrag (5) angrenzenden Oberflächenbereichen erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Abtragen durch Ätzen erfolgt, beispielsweise unter Verwendung von Wasserstoffperoxid, Natriumpersulfat, Kupferchlorid oder Eisenchlorid.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Abtragen mit einer Dicke von 0,1 bis 20 μ erfolgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Aufbringen des wenigstens einen Lötstopplack-Auftrags (5) eine Reinigung der Metallflächen, vorzugsweise durch Abtragen eines Oberflächenbereichs der Metallisierungen erfolgt.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Reinigen durch chemisches Abtragen und/oder durch Plasma-Ätzen und/oder durch elektrisches Ätzen und/oder galvanisches Abtragen und/oder durch mechanische Bearbeitung, beispielsweise durch Bürsten oder Schleifen erfolgt.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das chemische Reinigen unter Verwendung einer Wasserstoffperoxid-Lösung oder einer Natriumpersulfat-Lösung erfolgt.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf an den wenigstens einen Lötstopplack-Auftrag (5) anschließende, vorzugsweise durch Abtragen erzeugte Oberflächenbereiche (8) der Metallisierungen eine Oberflächen-Metallisierung (10) aufgebracht wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen der Oberflächen-Metallisierung (10) derart erfolgt, daß die von dieser Oberflächen-Metallisierung gebildete Oberfläche niveaugleich oder in etwa niveaugleich mit dem Oberflächenniveau der unbehandelten Oberfläche unterhalb des wenigstens

einen Lötstopplack-Auftrags (5) ist.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Aufbringen der Oberflächen-Metallisierung (10) derart erfolgt, daß die von dieser Oberflächen-Metallisierung gebildete Oberfläche etwas tiefer liegt als das Oberflächenniveau der unbehandelten Oberfläche unterhalb des wenigstens einen Lötstopplack-Auftrags (5) ist.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für den Lötstopplack-Auftrag ein Lack auf Epoxid-Basis verwendet wird, und daß das Aushärten des Lötstopplack-Auftrags thermisch erfolgt.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Lötstopplack-Auftrag eine Dicke von 0,5 - 100 μ aufweist.

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Lötstopplack-Auftrag (5) zumindest in einem Bereich (5') zur Bildung eines optisch lesbaren Codes strukturiert wird.

20.602

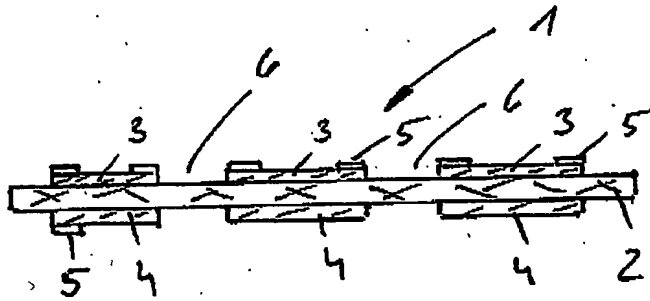


Fig 1

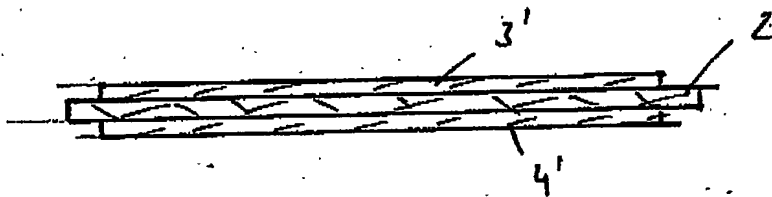
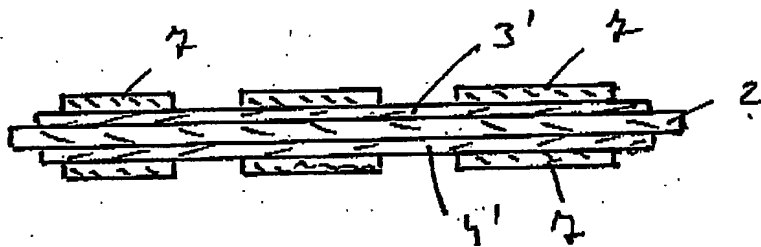
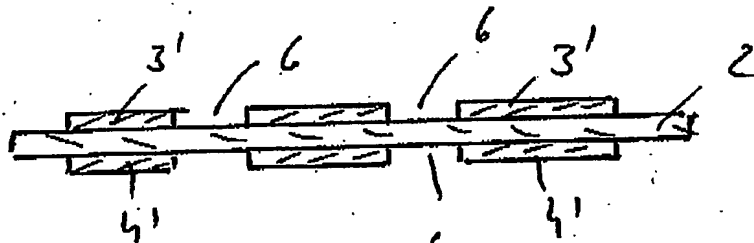


Fig 2

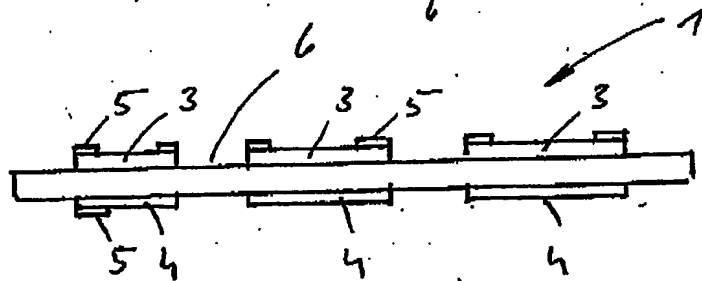
a.



b.

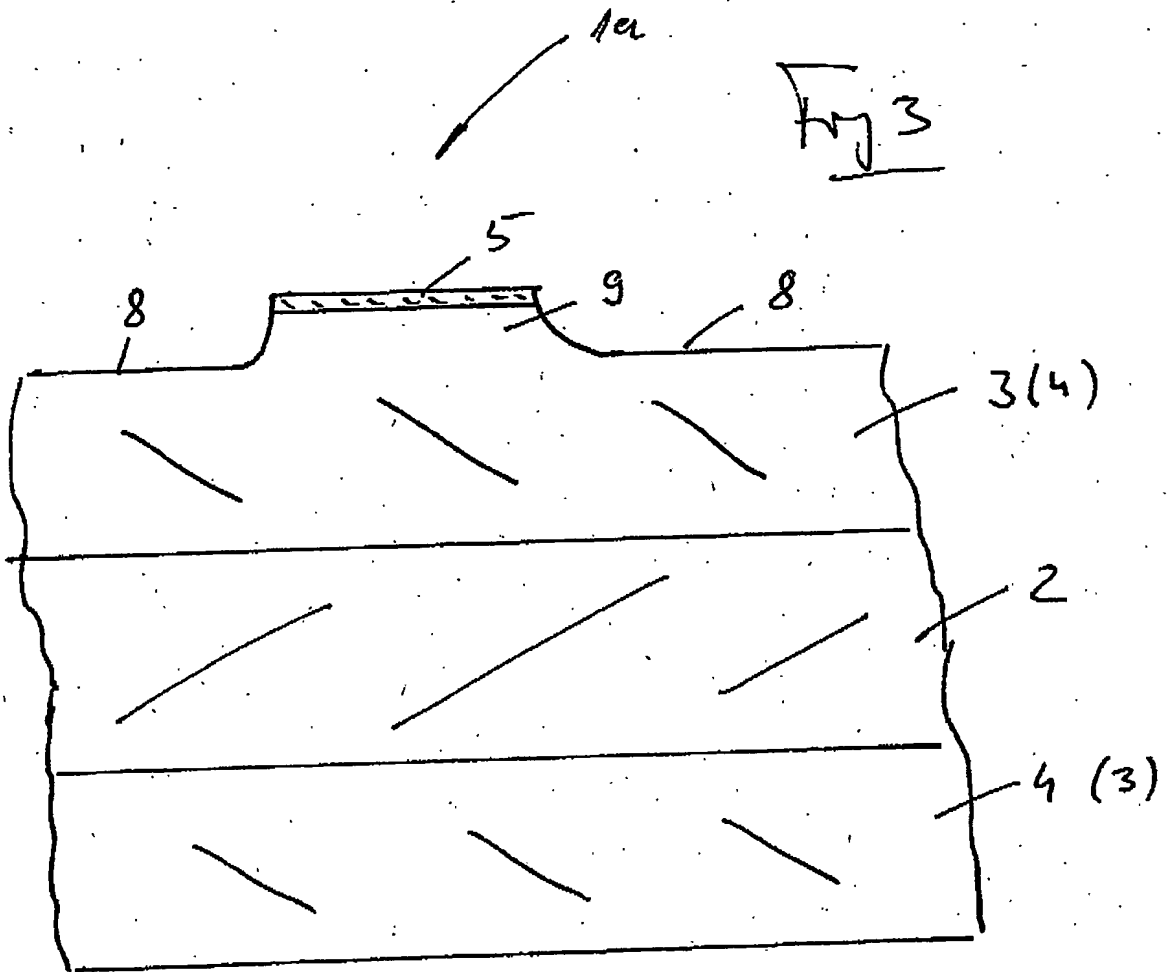


c.

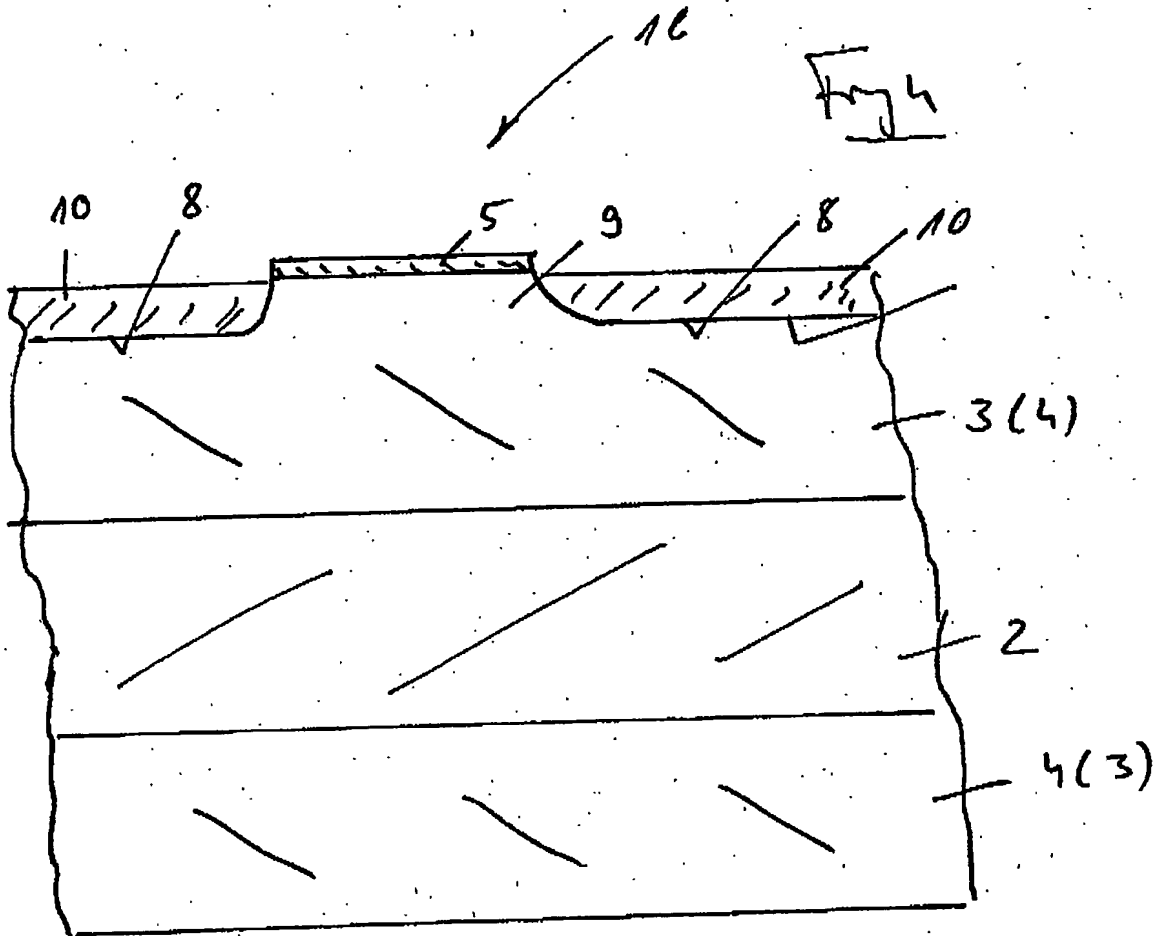


d.

20.602



20.602



GESAMT SEITEN 17

20.602

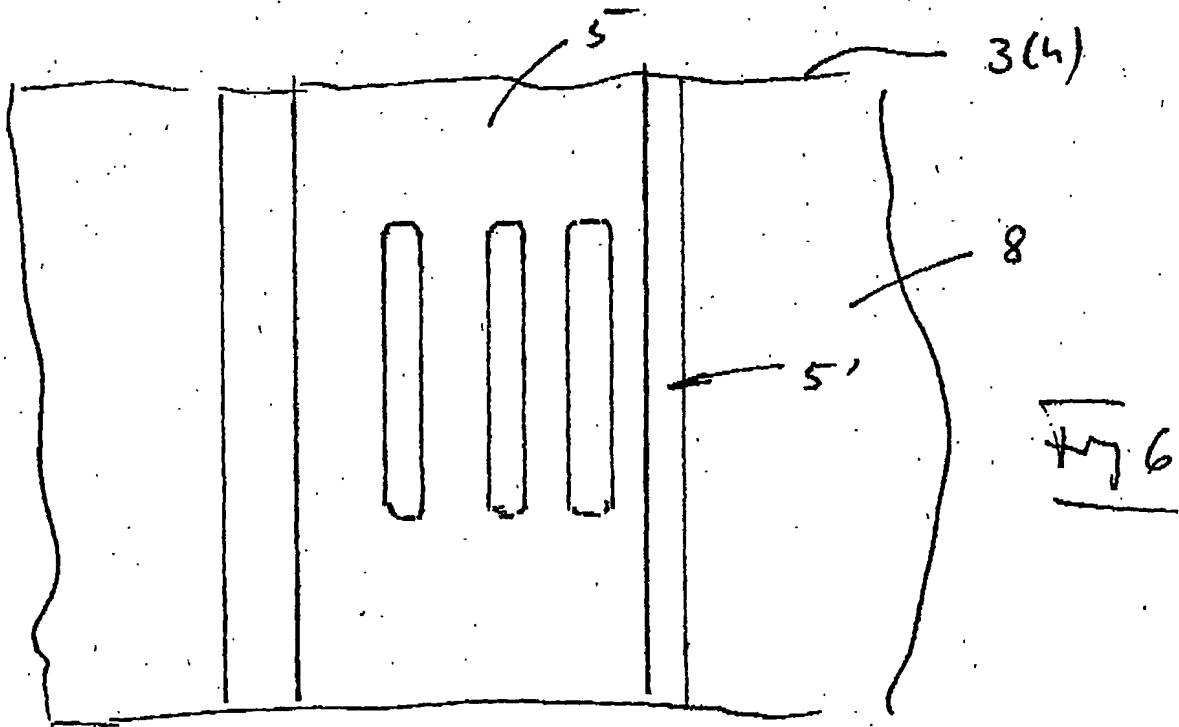
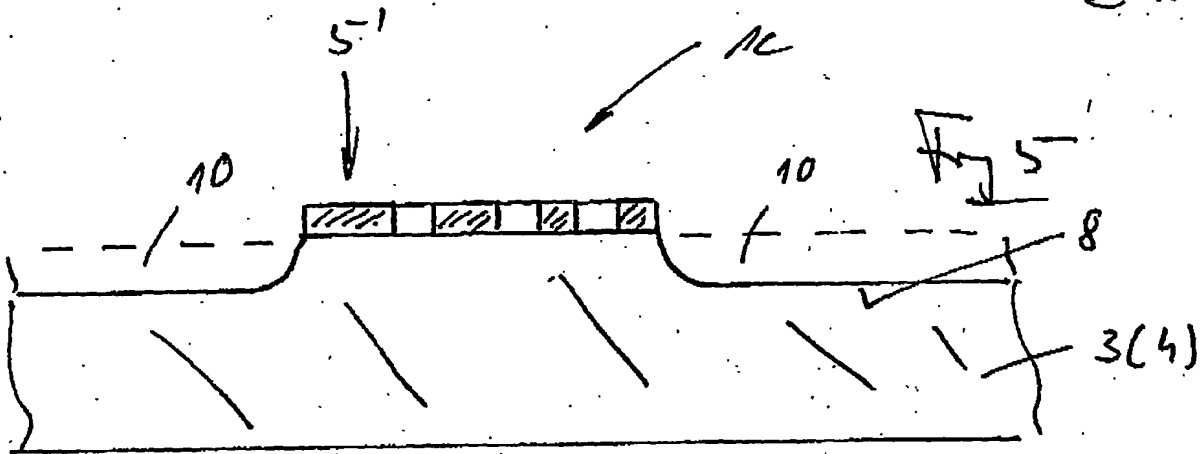


Fig 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.